

---

# Jurnal *Rekayasa Elektrika*

---

VOLUME 10 NOMOR 2

OKTOBER 2012

---

**Analisis Kontingensi Sistem Tenaga Listrik dengan Metode Bounding**

92-97

*Syafii dan Nurul Rahmawati*

---

JRE	Vol. 10	No. 2	Hal 61–114	Banda Aceh, Oktober 2012	ISSN. 1412-4785 e-ISSN. 2252-620x
-----	---------	-------	------------	-----------------------------	--------------------------------------

# Analisis Kontingensi Sistem Tenaga Listrik dengan Metode *Bounding*

Syafii dan Nurul Rahmawati  
Gedung Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik,  
Kampus Limau Manis, Universitas Andalas, Padang, 25163  
email: syafii@ft.unand.ac.id

**Abstrak**—Metode *bounding* merupakan salah satu metode analisis kontingensi pada suatu jaringan dengan cara mendeteksi pelanggaran batas daya aktif saluran. Pembagian tiga subsistem, yakni N1, N2 dan N3 pada metode *bounding* akan menghasilkan informasi berupa saluran yang dapat mengalami *overload* dan saluran yang aman dari *overload*. Pada penelitian ini dilakukan perbandingan hasil dari analisis kontingensi yang dilakukan pada sistem 30 bus dengan metode *bounding* dan dengan *software PowerWorld Simulator 15 GSO*. Berdasarkan hasil *bounding*, pada saat pelepasan saluran 1-2 terdapat 12 saluran yang dapat mengalami *overload*. Begitu pula halnya saat pelepasan saluran 1-3 dan pelepasan saluran 2-5. Sedangkan hasil analisis kontingensi menggunakan *PowerWorld Simulator 15 GSO* dengan metode aliran daya DC, setelah pelepasan saluran 1-2 terdapat tiga saluran *overload*, setelah pelepasan saluran 1-3 terdapat tiga saluran *overload* dan setelah pelepasan saluran 2-5 terdapat lima saluran *overload*. Saluran yang *overload* tersebut merupakan saluran yang berada dalam kelompok saluran yang dapat mengalami *overload* dari hasil *bounding*.

**Kata Kunci:** Analisis kontingensi, metode *bounding*, *overload*.

**Abstract**—The *bounding* method is one of the contingency analysis method for detecting branch flow violations. Three subnetworks in the *bounding* method namely N1, N2, and N3 will give information regarding those subnetworks that may not go *overload* and those that may. This research compared the results from contingency analysis that has been done to the 30 bus system using the *bounding* method and *software PowerWorld Simulator 15 GSO*. The result by using the *bounding* method is 12 lines can go *overload* for the outage of line 1-2. As well as for the outage of line 1-3 and the outage of line 2-5. Meanwhile, the output of using *PowerWorld Simulator 15 GSO* with DC power flow method, there are three *overloads* exist for the outage of line 1-2, three *overloads* exist for the outage of line 1-3, and five *overloads* exist for the outage of line 2-5. The *overload* lines are included in the group of lines that can *overload* from *bounding* result.

**Keywords:** Contingency analysis, *bounding* method, *overload*.

## I. PENDAHULUAN

Salah satu hal yang berkaitan dengan keandalan sistem adalah lepasnya unit pembangkit atau saluran transmisi yang perlu diperhitungkan dalam pengamanan sistem. Jika salah satu pembangkit lepas, sistem pada saat itu akan mengalami kekurangan daya dalam melayani beban yang ada. Jika sebuah saluran transmisi lepas, beban yang dipikulnya akan dialihkan ke saluran lain yang tersisa, sehingga saluran yang tersisa tersebut akan semakin berat bebannya dan dapat mengakibatkan terjadinya *overload* yang diikuti dengan adanya pelepasan saluran [1].

Analisis kontingensi (*contingency analysis*) adalah analisis aliran daya setelah terjadi gangguan yang mengakibatkan lepasnya unit pembangkit atau saluran transmisi. Analisis ini dilakukan dengan mengacu pada keadaan sistem yang diperoleh dari studi aliran daya [1]. Sehingga merupakan suatu hal yang sangat penting bahwa sistem harus direncanakan dan dioperasikan agar dalam keadaan kontingensi atau terlepasnya suatu elemen sistem baik itu generator atau saluran transmisi tidak akan

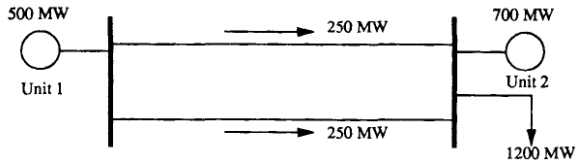
mengakibatkan pemadaman pada sebagian besar atau seluruh sistem (pemadaman total). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lepasnya salah satu saluran transmisi (N-1) terhadap perubahan daya aktif sistem 30 bus dan mengidentifikasi saluran-saluran transmisi yang mengalami *overload* akibat dari pelepasan saluran transmisi pada sistem 30 bus.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

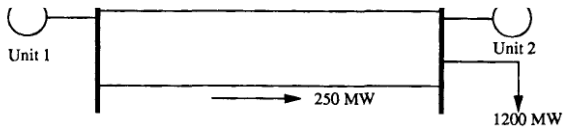
### A. Studi Aliran Daya

Tujuan studi aliran daya dalam analisis kontingensi adalah [5]:

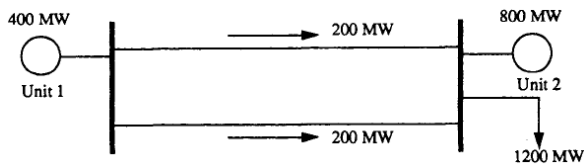
1. Mengetahui apakah sistem beroperasi secara handal dan ekonomis pada tingkat tegangan dan frekuensi yang dipertahankan dalam batas-batas yang telah ditentukan.
2. Mengetahui bahwa komponen-komponen sistem seperti generator dan saluran transmisi tidak beroperasi pada kondisi beban lebih yang terus-menerus.



Gambar 1. Optimal Dispatch



Gambar 2. Keadaan Post Contingency



Gambar 3. Secure Dispatch

3. Membantu dalam melakukan studi kontingensi jika saluran transmisi mengalami gangguan dan keluar dari sistem, yang berakibat pada perubahan tegangan pada bus-bus yang terkait dan kemungkinan pembebanan berlebih pada saluran transmisi yang dapat menyebabkan pemadaman bertingkat yang berakhir dengan pemadaman total.

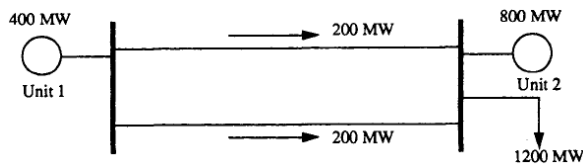
#### B. Metode Aliran Daya DC

Dengan mengasumsikan bahwa semua tegangan konstan sebesar 1,0 per unit. Persamaan  $B_{ij}$  pada model aliran DC dapat ditulis [8]:

$$B_{ij} = -\frac{1}{(x_{ij})} \quad (1)$$

dan

$$B_{ii} = \sum_{j \in i} \frac{1}{(x_{ij})} \quad (2)$$



Gambar 4. Secure Post-Contingency

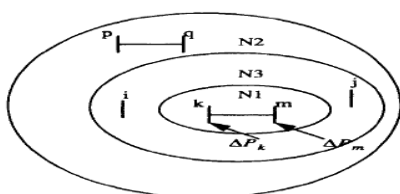


Figure 5. Subsistem pada Analisis Bounding

sehingga diperoleh persamaan aliran DC,

$$P_i = \sum_{j \in i} B_{ij} \theta_j \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

atau dalam bentuk matriks,

$$P = B\theta \quad (4)$$

dimana  $P$  diperoleh melalui  $P_i = PG_i - PDi$ , dengan  $PG_i$  dan  $PDi$  adalah output generator dan beban pada simpul  $i$ . Persamaan (4) juga dapat ditulis [8],

$$\theta = X P \quad (5)$$

dimana  $X$  adalah invers matriks  $B$ ,

$$X = B^{-1} \quad (6)$$

Daya aktif yang mengalir ke cabang  $ij$ ,

$$P_{ij} = -B_{ij} \theta_{ij} = \frac{\theta_i - \theta_j}{(x_{ij})} \quad (7)$$

Beberapa kelebihan metode aliran daya DC dibandingkan metode aliran daya AC adalah sebagai berikut:

1. Solusinya *non-iterative* dan pasti konvergen.
2. Dapat digunakan untuk analisis ketahanan.
3. Perhitungan yang lebih sederhana sehingga proses pengerjaan lebih cepat.
4. Perkiraan yang bagus untuk nilai sudut tegangan bus ( $\delta$ ).

#### C. Keamanan dalam Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga dapat dibagi menjadi empat keadaan operasi [2]:

1. *Optimal dispatch*: merupakan keadaan sistem tenaga sebelum kontingensi. Hal ini optimal untuk operasi ekonomis, namun tidak aman.
2. *Post contingency*: merupakan keadaan sistem tenaga setelah kontingensi terjadi. Pada kondisi ini, saluran atau trafo melewati batas yang diizinkan atau tegangan bus diluar batasnya.
3. *Secure dispatch*: merupakan keadaan sistem tenaga tanpa kegagalan kontingensi namun perbaikan terhadap parameter operasi untuk tujuan keamanan.
4. *Secure post-contingency*: merupakan keadaan sistem saat kontingensi diterapkan pada kondisi operasi dasar – dengan perbaikan.

#### D. Metode Bounding

Metode ini berdasarkan pada model aliran daya DC linear dan tidak mempertimbangkan daya reaktif (hanya daya aktif saja).

Untuk melakukan analisis dengan teknik *bounding* ini, maka subsistem pada sistem tenaga dibagi atas tiga, yakni [2]:

N1 = subsistem yang melingkupi saluran yang dilepas (*outaged*)

N2 = subsistem eksternal yang tidak dibahas secara rinci

N3 = beberapa bus yang membatasi N1 dan N2  
Perubahan maksimum pada perbedaan sudut fasa adalah

$$f_{pq} = \frac{1}{(x_{pq})} (\theta_p - \theta_q) \quad (8)$$

atau

$$\Delta f_{pq} = \frac{1}{(x_{pq})} (\Delta \theta_p - \Delta \theta_q) \quad (9)$$

dan

$$(\Delta \theta_p - \Delta \theta_q)^{\max} = \Delta f_{pq}^{\max} x_{pq} \quad (10)$$

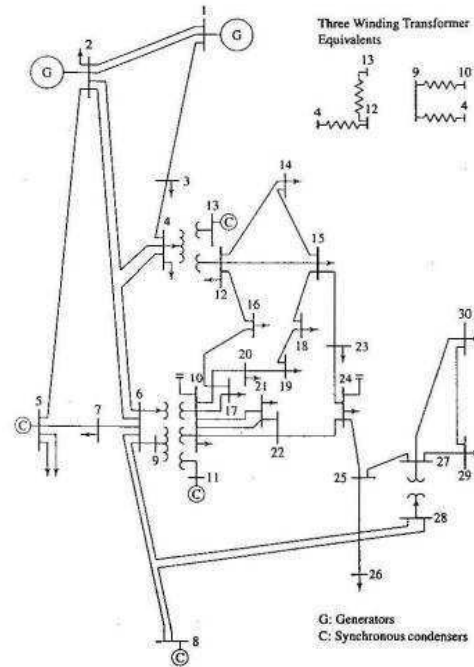
Sehingga dapat dikembangkan teorema yakni [10]:

$$|\Delta \theta_p - \Delta \theta_q| < |\Delta \theta_i - \Delta \theta_j| \quad (11)$$

dimana i dan j adalah pasangan bus di N3,  $\Delta \theta_i$  adalah  $\Delta \theta$  terbesar di N3 dan  $\Delta \theta_j$  adalah  $\Delta \theta$  terkecil di N3. Dengan menggabungkan (10) dan (11), diperoleh [2]:

$$\Delta f_{pq}^{\max} x_{pq} < |\Delta \theta_i - \Delta \theta_j| \quad (12)$$

Semua rangkaian di N2 dapat bebas dari overload jika nilai  $|\Delta \theta_i - \Delta \theta_j|$  kecil dari pada nilai terkecil terhadap semua pasangan pq [2]. Jika kondisi ini gagal, maka N1 harus diperluas, hitung  $|\Delta \theta_i - \Delta \theta_j|$  baru di N3.



Gambar 7. Sistem 30 Bus IEEE

### III. METODOLOGI PENELITIAN

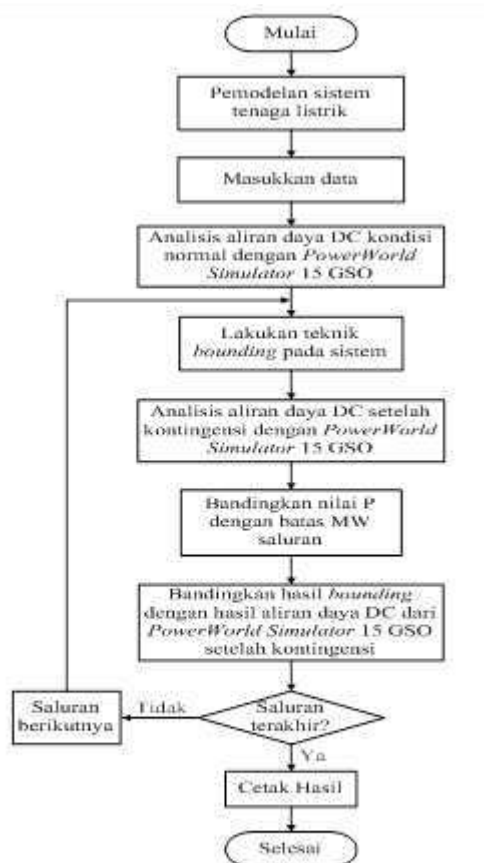
Diagram alir tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 6.

#### A. Analisis Kontingensi Menggunakan Sistem 30 Bus IEEE

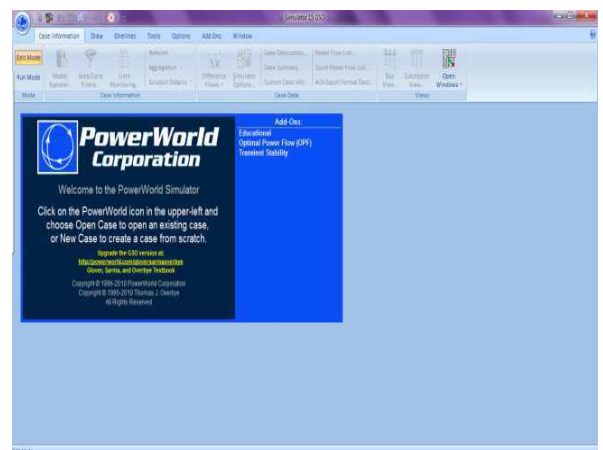
Sistem 30 bus IEEE dibuat sebagai standar uji (sistem uji internasional) untuk mengevaluasi berbagai metode analisis dan program komputer untuk solusi dari masalah sistem tenaga. Sistem 30 bus IEEE ini terdiri dari 5 bus P-V, 24 bus P-Q, 1 slack bus dan 41 saluran transmisi.

#### B. Studi Aliran Daya DC

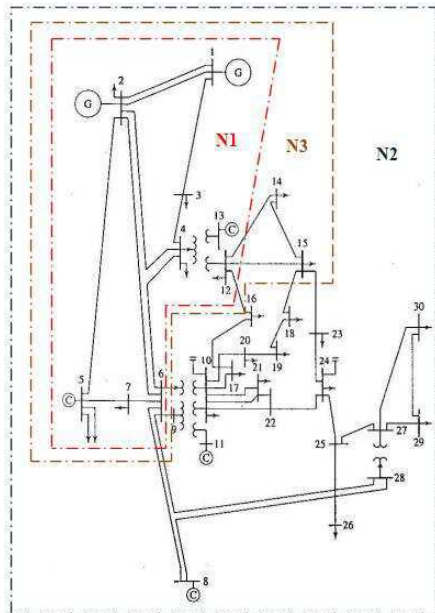
Studi aliran daya yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan data saluran, bus, pembangkitan, beban, dan



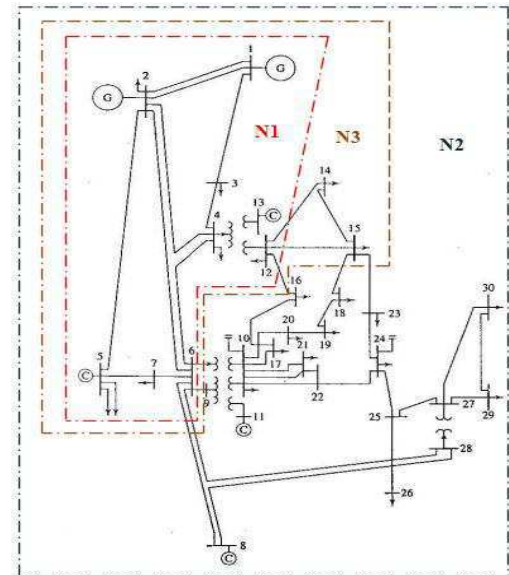
Gambar 6. Diagram Alir Tahapan Penelitian



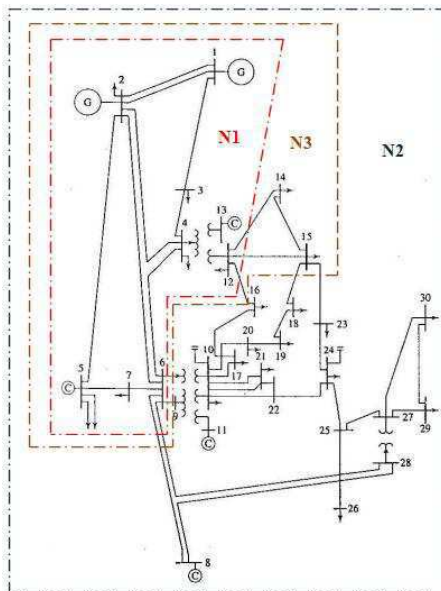
Gambar 8. Antar Muka PowerWorld Simulator 15 GSO



Gambar 9. Pembagian Subsistem Saat Pelepasan Saluran 1-2



Gambar 11. Pembagian Subsistem Saat Pelepasan Saluran 2-5



Gambar 10. Pembagian Subsistem Saat Pelepasan Saluran 1-3

trafo dari sistem 30 bus IEEE. Metode aliran daya yang digunakan adalah metode aliran daya DC yang disimulasikan dengan program *PowerWorld Simulator 15 GSO*.

Analisis yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari dua tahap. Pada tahap pertama dilakukan analisis aliran daya dalam kondisi normal atau sebelum kontingensi. Dan

pada tahap kedua dilakukan analisis aliran daya pada keadaan setelah kontingensi. Kemudian dilakukan identifikasi elemen sistem tenaga listrik (saluran transmisi) yang lemah, yakni berupa saluran transmisi yang mengalami *overload*.

### C. Simulasi

Sistem secara keseluruhan disimulasikan dengan menggunakan program *PowerWorld Simulator 15 GSO*. Metode aliran daya pada *PowerWorld Simulator* ini terdiri dari aliran daya AC (*Newton-Raphson*, *Single Solution-Full Newton*, *Fast Decoupled*) dan aliran daya DC. *Simulator* ini dilengkapi dengan *tool* untuk menganalisis kontingensi secara otomatis.

## IV. HASIL DAN ANALISIS

Analisis kontingensi pada penelitian ini dilakukan dengan melepas salah satu elemen sistem (N-1), yakni saluran transmisi. Kontingensi yang dilakukan pada penelitian ini terdiri atas tiga, yaitu:

Kontingensi 1: pelepasan saluran 1-2

Kontingensi 2: pelepasan saluran 1-3

Kontingensi 3: pelepasan saluran 2-5

### A. Analisis Kontingensi Saat Terjadi Pelepasan Saluran 1-2

#### 1) Analisis Kontingensi dengan Metode Bounding

Pembagian subsistem (N1, N2, dan N3) saat pelepasan saluran 1-2 dapat dilihat pada gambar 9.

Nilai  $\Delta f_{pq}^{\max} \times x_{pq}$  paling kecil pada subsistem N2 adalah 0,00806884 pada saluran 21-22. Nilai  $\Delta \theta$  pada saluran 14-15 di subsistem N3 diperoleh sebagai berikut:

Nilai  $|\Delta \theta_i - \Delta \theta_j|$  pada subsistem N3 adalah 0,00461 dan kriteria bounding terpenuhi. Saluran yang berada dalam subsistem N1 dan N1+N3 sebagai berikut:

Jadi, jumlah saluran yang dapat mengalami *overload* saat pelepasan saluran 1-2 berdasarkan hasil *bounding* adalah 12 saluran.

#### 2) Analisis Kontingensi Menggunakan PowerWorld Simulator 15 GSO

Saluran yang *overload* saat terjadi pelepasan saluran 1-2 menggunakan *PowerWorld* dengan metode aliran daya DC dapat dilihat pada tabel berikut:

TABEL I  
NILAI  $\Delta\theta_i$  DAN  $\Delta\theta_j$  PADA SALURAN DI SUBSISTEM N3 SAAT PELEPASAN SALURAN 1-2

Saluran (i-j)	$\Delta\theta_i$	$\Delta\theta_j$
14-15	0,00357	-0,00104

TABEL II  
SALURAN DALAM SUBSISTEM N1 DAN N1+N3 SAAT PELEPASAN SALURAN 1-2

Subsistem	Saluran
N1	1-3, 2-4, 3-4, 2-5, 2-6, 4-6, 5-7, 6-7, 4-12, 12-13
N1+N3	12-14, 12-15

TABEL III  
SALURAN YANG OVERLOAD SETELAH PELEPASAN SALURAN 1-2

Saluran (p-q)	MW Limit (pu)	$f_{T1}$ (pu)	Keterangan
1-3	1,3	2,4340	Overload (187%)
3-4	1,3	2,4100	Overload (185%)
4-6	0,9	1,5162	Overload (168%)

Berdasarkan hasil *bounding*, ketiga saluran tersebut berada dalam subsistem N1.

#### B. Analisis Kontingensi Saat Terjadi Pelepasan Saluran 1-3

##### 1) Analisis Kontingensi dengan Metode Bounding

Pembagian subsistem (N1, N2, dan N3) saat pelepasan saluran 1-3 dapat dilihat pada gambar 10.

Nilai  $|\Delta\theta_i - \Delta\theta_j|$  pada subsistem N3 adalah 0,00461. Saluran yang berada dalam subsistem N1 dan N1+N3 sebagai berikut:

TABEL IV.  
SALURAN DALAM SUBSISTEM N1 DAN N1+N3 SAAT PELEPASAN SALURAN 1-3

Subsistem	Saluran
N1	1-3, 2-4, 3-4, 2-5, 2-6, 4-6, 5-7, 6-7, 4-12, 12-13
N1+N3	12-14, 12-15

TABEL V  
SALURAN YANG OVERLOAD SETELAH PELEPASAN SALURAN 1-3

Saluran (p-q)	MW Limit (pu)	$f_{T1}$ (pu)	Keterangan
1-2	1,3	2,4340	Overload (187%)
2-4	0,65	0,8200	Overload (126%)
2-6	0,65	0,8853	Overload (136%)

TABEL VI  
SALURAN DALAM SUBSISTEM N1 DAN N1+N3 SAAT PELEPASAN SALURAN 2-5

Subsistem	Saluran
N1	1-3, 2-4, 3-4, 2-5, 2-6, 4-6, 5-7, 6-7, 4-12, 12-13
N1+N3	12-14, 12-15

Jadi, jumlah saluran yang dapat mengalami *overload* saat pelepasan saluran 1-3 berdasarkan hasil *bounding* adalah 12 saluran.

#### 2) Analisis Kontingensi Menggunakan PowerWorld Simulator 15 GSO

Saluran yang *overload* saat terjadi pelepasan saluran 1-3 menggunakan PowerWorld dengan metode aliran daya DC dapat dilihat pada tabel berikut:

Berdasarkan hasil *bounding*, ketiga saluran tersebut berada dalam subsistem N1.

#### C. Analisis Kontingensi Saat Terjadi Pelepasan Saluran 2-5

##### 1) Analisis Kontingensi dengan Metode Bounding

Pembagian subsistem (N1, N2, dan N3) saat pelepasan saluran 2-5 dapat dilihat pada Gambar 11.

Nilai  $|\Delta\theta_i - \Delta\theta_j|$  pada subsistem N3 adalah 0,00461 dan kriteria *bounding* terpenuhi. Saluran yang berada dalam subsistem N1 dan N1+N3 sebagai berikut:

Jadi, jumlah saluran yang dapat mengalami *overload* saat pelepasan saluran 2-5 berdasarkan hasil *bounding* adalah 12 saluran.

#### 2) Analisis Kontingensi Menggunakan PowerWorld Simulator 15 GSO

Saluran yang *overload* saat terjadi pelepasan saluran 2-5 menggunakan PowerWorld dengan metode aliran daya DC dapat dilihat pada tabel berikut:

Berdasarkan hasil *bounding*, kelima saluran tersebut berada dalam subsistem N1.

#### D. Perbandingan Hasil Kontingensi Metode Bounding dengan PowerWorld Simulator 15 GSO

Setelah dilakukan analisis kontingensi menggunakan metode *bounding* dan PowerWorld Simulator 15 GSO,

TABEL VII  
SALURAN YANG OVERLOAD SETELAH PELEPASAN SALURAN 2-5

Saluran (p-q)	MW Limit (pu)	$f_{T1}$ (pu)	Keterangan
1-2	1,3	1,4914	Overload (115%)
2-4	0,65	0,7117	Overload (109%)
2-6	0,65	0,9627	Overload (148%)
4-6	0,9	1,1132	Overload (124%)
5-7	0,7	-0,9420	Overload (135%)

TABEL VIII  
PERBANDINGAN HASIL KONTINGENSI SALURAN 1-2, 1-3, DAN 2-5

Saluran yang Dilepas	Hasil Bounding		PowerWorld	
	Jumlah Saluran yang Dapat Mengalami Overload	Jumlah Saluran yang Aman dari Overload	Jumlah Saluran yang Overload	Jumlah Saluran yang Tidak Overload
1-2	12	28	3	37
1-3	12	28	3	37
2-5	12	28	5	35



maka hasilnya dapat disimpulkan dalam tabel berikut:

Saat kontingensi saluran 1-2, 1-3, dan 2-5 jumlah saluran yang dapat mengalami *overload* berdasarkan hasil *bounding* memiliki jumlah yang sama, yakni 12 saluran. Saluran-saluran tersebut berada dalam daerah N1 dan N1+N3. Jika subsistem N1 diperluas, nilai  $|\Delta\theta_i - \Delta\theta_j|$  akan semakin kecil dan semakin kecil. Proses pengulangan berhenti saat daerah di luar N3 tidak terjadi *overload* atau pelanggaran batas daya aktif [11]. Sehingga nilai 0,00806884 pada saluran 21-22 merupakan titik yang menentukan saluran akan *overload*.

Berdasarkan hasil kontingensi yang diperoleh menggunakan metode aliran daya DC, saluran-saluran yang *overload* berada dalam subsistem N1. Informasi yang diperoleh dari metode bounding ini yakni kelompok saluran yang dapat mengalami *overload* dan kelompok saluran yang aman dari *overload*. Metode ini cukup efisien karena diketahui kelompok saluran yang dapat mengalami *overload* sehingga saluran yang berada dalam subsistem tersebut (N1 dan N1+N3) harus dianalisis secara detail.

## V. SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa simpulan sebagai berikut:

1. Hasil bounding dari kontingensi yang telah dilakukan adalah:
  - a. Pelepasan saluran 1-2: 12 saluran yang dapat mengalami *overload* dan 28 saluran yang aman dari *overload*.
  - b. Pelepasan saluran 1-3: 12 saluran yang dapat mengalami *overload* dan 28 saluran yang aman dari *overload*.
  - c. Pelepasan saluran 2-5: 12 saluran yang dapat mengalami *overload* dan 28 saluran yang aman dari *overload*.
2. Hasil kontingensi berdasarkan simulasi yang dilakukan dengan metode aliran daya DC menggunakan PowerWorld Simulator 15 GSO adalah:
  - a. Pelepasan saluran 1-2: tiga saluran *overload*, yakni saluran 1-3 (187%), saluran 3-4 (185%), dan saluran 4-6 (168%).
  - b. Pelepasan saluran 1-3: tiga saluran *overload*, yakni saluran 1-2 (187%), saluran 2-4 (126%), dan saluran 2-6 (136%).
  - c. Pelepasan saluran 2-5: lima saluran *overload*, yakni saluran 1-2 (115%), saluran 2-4 (109%), saluran 2-6 (148%), saluran 4-6 (124%), dan saluran 5-7 (135%).
3. Saluran yang *overload* dari hasil kontingensi menggunakan metode aliran daya DC merupakan saluran yang berada dalam kelompok saluran yang dapat mengalami *overload* (subsistem N1) dari hasil bounding.
4. Berdasarkan hasil kontingensi menggunakan metode aliran daya DC, sistem 30 bus masih belum aman karena terdapat beberapa pelanggaran batas daya aktif saluran saat terjadi kontingensi N-1 pada sistem.

## DARTAR PUSTAKA

- [1] Syamsurijal. 2008. "Aplikasi Power World Simulator pada Analisis Kontingensi Sistem Tenaga Listrik". *Media Elektrik Volume 3 Nomor 2*, Desember.
- [2] Wood, Allen J. dan Bruce F. Wollenberg. 1996. *Power Generation, Operation, and Control*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- [3] <http://www.lontar.ui.ac.id/file?file=digital/131528-T%2027577-Studi%20analisis-Tinjauan%20literatur.pdf>, diakses 25 April 2012.
- [4] Astrid, Erita. 2011. Evaluasi Mutu Sistem Kelistrikan PT. Semen Padang Setelah Penambahan Pembangkit WHRG (Waste Heat Recovery Power Generation). Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro Universitas Andalas. Padang.
- [5] Hermawan, Ahmad. 2007. "Analisis Kontingensi pada Sistem Tenaga Listrik dengan Metode Aliran Daya". *Jurnal ELTEK Volume 05 Nomor 01*, April.
- [6] Grainger, John J. dan William D. Stevenson, Jr. 1994. *Power System Analysis*. Singapore: McGraw-Hill, Inc.
- [7] Saadat, Hadi. 1999. *Power System Analysis*. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
- [8] Wang, Xi-Fan, dkk. 2008. *Modern Power System Analysis*. New York: Springer.
- [9] Roy, Amit Kumar. 2011. *Contingency Analysis in Power System*. Electrical & Instrumentation Engineering Department Thapar University. Patiala.
- [10] Brandwajn, V. 1988. "Efficient Bounding Method for Linear Contingency Analysis". *IEEE Transactions on Power Systems Vol. 3 No. 1 Hal 38-43*, Februari.
- [11] Wehenkel, Louis, dkk. 2006. "Multi-Area Security Assessment: Results Using Efficient Bounding Method". *IEEE 1-4244-0228-X/06*.
- [12] Power Systems Test Case Archive. Dapat didownload dari: <http://www.ee.washington.edu/research/pstca/>

**Penerbit:**

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No. 7, Banda Aceh 23111

website: <http://jurnal.unsyiah.ac.id/JRE>

email: [rekayasa.elektrika@unsyiah.net](mailto:rekayasa.elektrika@unsyiah.net)

Telp/Fax: (0651) 7554336

